

**Der Wert körperlichen Trainings und der Gabe von
Kalium-Magnesium-Aspartat auf die
Leistungsfähigkeit bei herz- und kreislaufgesunden
untrainierten Medizinstudenten**

von

JÜRGEN TONAK

aus Forchheim

1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg

(Direktor: Prof. Dr. C. Korth)

Der Wert körperlichen Trainings und der Gabe von Kalium-Magnesium-Aspartat auf die Leistungsfähigkeit bei herz- und kreislaufgesunden untrainierten Medizinstudenten

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Jürgen Tonak

aus Forchheim

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Univ.-Doz. Dr. A. Köhler

Korreferent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 30.11.1971



Inhaltsverzeichnis

Thema und Fragestellung	S. 1
<u>A. Beeinflussung des Stoffwechsels der Muskelzelle durch KMA</u>	S. 2
Methodik und Durchführung der Versuche	S. 6
<u>B. Versuchsergebnisse</u>	S. 11
I. Vorbemerkungen	S. 11
II. Tabellen und graphische Darstellungen der registrierten Parameter	S. 12
1. Blutdruck	S. 14
2. Herzfrequenz	S. 24
3. Sauerstoffverbrauch	S. 32
4. Leistung	S. 42
III. Beschreibung der Ergebnisse	S. 45
<u>C. Abschließende Bemerkungen</u>	S. 52
Literaturverzeichnis	S. 56

Thema und Fragestellung

Der Wert körperlichen Trainings und der Gabe von Kalium-Magnesium-Aspartat auf die Leistungsfähigkeit bei herz- und kreislaufgesunden untrainierten Medizinstudenten.

In den letzten Jahren sind zahlreiche tierexperimentelle Arbeiten veröffentlicht worden, in welchen nachgewiesen wurde, daß Kalium-Magnesium-Aspartat (KMA) (Trommcardin^R, Fa. Trommsdorf, Aachen) auf den Stoffwechsel der Muskelzelle einen bedeutsamen Einfluß ausübt.

In der Therapie von Kardiomyopathien und Rhythmusstörungen beim Menschen wird KMA seit Jahren erfolgreich angewandt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob sich bei gesunden Normalpersonen und Sportlern während einer zur Erschöpfung führenden Fahrradergometerarbeit (vita maxima) ein leistungssteigernder Effekt von KMA nachweisen läßt.

A. Beeinflussung des Stoffwechsels der Muskelzelle durch KMA

Bei anstrengender Muskularbeit kommt es zu einer Anhäufung von Stoffwechselendprodukten sowohl in der Muskelzelle als auch im extrazellulären Raum, zu einem Aufbrauch der Energievorräte und zu Veränderungen der Ionenverteilung, so daß je nach Art und Dauer der Belastung die Tätigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt abgebrochen werden muß. Zahlreiche tierexperimentelle Untersuchungen und in neuerer Zeit auch Untersuchungen beim Menschen haben gezeigt, daß KMA in der Lage ist einerseits die Kontraktionskraft zu erhöhen und andererseits den Erschöpfungszustand hinauszuschieben und die Erholungszeit zu verkürzen. Die kausale Ursache verschiedener Herzmuskelerkrankungen konnte in einer Störung des Stoffwechselgleichgewichtes der Muskelzelle erkannt werden, so daß vor allem Arbeiten (2, 13, 14, 15, 18, 25), die eigentlich in den klinisch-pathologischen Bereich fallen, wertvolle Aufschlüsse über den möglichen Wirkungsmechanismus von KMA lieferten. Vorausgeschickt sei noch, daß dieser Wirkungsmechanismus keineswegs in allen Punkten geklärt ist und zum Teil recht unterschiedliche Theorien aufgestellt wurden. Nicht zuletzt mag dies an dem sehr verschiedenen Untersuchungsgut liegen. Einerseits lassen sich Beobachtungen aus Tierexperimenten bekanntlich nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen und umgekehrt, andererseits bestehen ja zwischen den einzelnen Muskeln und Muskelgruppen nicht nur die bekannten morphologischen Unterschiede, sondern auch erhebliche Differenzen in den Enzymmustern, der Anzahl der Mitochondrien, der Anzahl und Stärke der Myofibrillen und ähnliches mehr.

Als erster wies LABORIT (16, 19) auf die Wirkung von KMA hin. Er stellte in Schwimmversuchen bei mit KMA behandelten

Ratten fest, daß der Erschöpfungszustand erheblich hinausgezögert wurde. Diese Ergebnisse bestätigten 1958 COIRAULT (4) und THIEBAULT bei Sportlern. LABORIT schrieb den ermüdungshemmenden Effekt von KMA vor allem der Asparaginsäure zu. Seit 1930 (20) ist bekannt, daß der Gehalt an freiem NH_3 im Serum bei Muskularbeit ansteigt. Durch die Gabe von Asparaginat soll nach LABORIT (17) und der damit verbundenen Ankurbelung des Harnstoffzyklus eine schnellere Entgiftung erreicht werden.

Gegen diese Ansicht spricht sich NAKAHARA (22) et al. aus. Gestützt auf Untersuchungen am Gastrocnemius von Kaninchen konnte er als Beweis für seine Ansicht keine Erhöhung der Radioaktivität der Argininfraktion zwischen elektrisch erregten und unerregten Muskeln feststellen. Nach seiner Ansicht scheidet damit eine raschere Eliminierung von NH_3 durch den Harnstoffzyklus aus. Nach Versuchen von RINETTI, VISIOLI, TRINCAS und BARBARERIE (24), die nach erschöpfender Arbeit eine Zunahme des Alanins und Aspartats im Rattenherz gefunden haben, wäre auch eine aktivierende Beeinflussung des Krebszyklus durch eine mögliche Desaminierung (Asparaginat ---- Oxalessigsäure ---- α -Ketoglutarsäure) in Betracht zu ziehen. Es ist sicher, daß dieser Metabolismus vom Organismus beschritten wird, jedoch ist dieser Effekt zu gering um die beobachtete Leistungssteigerung zu erklären. So fand NAKAHARA (22) et al. in den Mitochondrien und Mikrosomen keinen gesicherten Unterschied in der Radioaktivität von α -Ketoglutarsäure und Brenztraubensäure nach Injektion von KMA-C^{14} in elektrisch erregten und unerregten Kaninchen-Gastrocnemius. Damit dürften die Wirkungen von KMA allein auf den Kationen K^+ und Mg^{++} beruhen. Der Asparaginsäure kommt die Fähigkeit zu, K und Mg in das Zellinnere auf eine bisher noch nicht geklärte Weise zu bringen und zu

halten. Neben der Ornithin-Asparaginsäure und der Aminobuttersäure haben andere Aminosäuren nach NAKAHARA (24) diese Fähigkeit nicht. In welcher Weise die Asparaginsäure wirksam ist, sei hier dahingestellt und auf die Arbeiten von NIEPER, BLUMBERGER, LABORIT, NAKAHARA, SÔS CATI und RIGÔ (23, 16, 17, 22, 28) hingewiesen.

Wenn es durch welche Einflüsse auch immer (Hypoxie, Substratmangel, Stress, Vergiftung oder Digitalis) zu einem gestörten Elektrolytgleichgewicht am Herzen kommt, und die Zelle damit Kalium verliert, so ist dieser Kaliumverlust nach FLECKENSTEIN (6) mit einer reduzierten Leistungsbereitschaft gleichbedeutend. In einer grundlegenden Arbeit über den Elektrolytverschiebungsmechanismus bei bestimmten Kardiomyopathien wurde von BAYUSZ (2) auf die Möglichkeit hingewiesen, mit KMA-Gaben die Toxizität von bestimmten Substanzen zu mildern. Die Begründung wird darin gesehen, daß der durch den Kaliumverlust erniedrigte Gradient K_i/K_e durch KMA wieder erhöht wird. Zahlreiche Autoren konnten dies im Tierexperiment bestätigen (8, 9, 28, 21). GREFF, KNIPPERS (9) und DULCE (5) wiesen sogar bei Ratten nach, daß durch KMA-Applikation, im Gegensatz bei K-Mg-Cl und KCL-Gaben, die renale Ausscheidung von K und Mg signifikant verzögert ist. Es stellt sich nun die Frage, ob KMA nur an der bereits in irgendeiner Weise vorgeschädigten Zelle wirksam wird, oder ob eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit auch an der gesunden Zelle möglich ist. COIRAULT und THIEBAULT (4) konnten bei einer Untersuchung an Sportlern nur eine Hinauszögerung des Erschöpfungszustandes und eine Verkürzung der Erholungsphase feststellen. Eine Leistungssteigerung wurde nicht nachgewiesen. LABORIT (17) billigt dem Salz der Asparaginsäure einen gewissen "tonisierenden" Effekt zu. Eine beträchtliche

Zunahme der Kontraktionsamplitude nach Gabe von KMA am Musculus tibialis anterior bei Ratten berichtet NAKAHARA (22). In Übereinstimmung damit stehen Versuche von MIES (21) an Meerschweinchen, die sowohl am unbelasteten als auch am belasteten Kreislauf in situ einen nach einer von HAMASCHER entwickelten Methode gemessenen positiven inotropen Effekt um 20 bis 30 % ergaben. In vergleichenden Untersuchungen über die pharmakologische Wirkung verschiedener Elektrolyte und deren Kombination sowohl untereinander als auch mit und ohne Asparaginsäure schreibt BECKER (3) den größten Effekt der Kombination K-Mg-Aspartat zu. AHLBORG (1) und Mitarbeiter fanden eine Verlängerung des Durchhaltevermögens (Stehvermögen) einer konstanten submaximalen Leistung an 6 Sportlern um ca. 50 %.

Diesen Ergebnissen sind wir in unseren Untersuchungen nachgegangen. Allerdings wählten wir eine andere Form der Belastung, bei der neben der peripheren Muskelermüdung das kardiopulmonale System als leistungsbegrenzender Faktor wirkt.

M e t h o d i k

Als Versuchspersonen dienten 16 freiwillige herz- und kreislaufgesunde Medizinstudenten. Keiner der Probanden trieb regelmäßig Sport.

Die 16 Untrainierten wurden in 2 Gruppen zu je 8 aufgeteilt:

Schema der 2 Gruppen:

		Gewicht (kg)	Größe (cm)	Alter (J)
Gruppe I	Untrainiert	74 (65 - 85)	176 (170 - 184)	22 (20 - 25)
Gruppe II	Untrainiert	74 (62 - 85)	176 (168 - 186)	24 (23 - 26)

Die allgemeinen Bedingungen, die von MELLEROWICZ (19) in seinem Buch "Ergometrie" angegeben sind, wurden um vergleichbare ergometrische Leistung zu bekommen, eingehalten.

Versuchsanordnung und Ablauf

Die Versuche wurden auf einem Fahrradergometer (Ergotest, Fa E. JAEGER) mit Umdrehungszahlmesser durchgeführt. Sie fanden alle unter "vita maxima"- Bedingungen statt.

Die Probanden behielten den ihnen vertrauten Tagesrhythmus ungeachtet der Versuche bei. Irgend eine besondere Ernährung wurde nicht gegeben. Die Versuche wurden als sogenannte Doppelblindversuche durchgeführt.

Zunächst wurde die Versuchsperson auf dem Fahrradergometer 6 Minuten lang mit 100 Watt belastet. Das entspricht einer Leistung von 612 mkp/min bei einer Umdrehungszahl von 60/min.

In der Folgezeit wurde die Belastung jede Minute um 25 Watt gesteigert, so daß also in der 7. Minute 125 Watt, in der 8. Minute 150 Watt usw. geleistet wurden, bis zur Erschöpfung der Versuchsperson. Anschließend folgte dann eine Erholungsphase von 6 Minuten.

Beim Versuchsablauf wurden folgende Meßwerte registriert:

1. Das Ekg (Mingograph, Cardirex 6 T, Fa. SIEMENS) wurde mit den Standardableitungen I, II und III nach EINTHOVEN sowie den Brustwandableitungen V_1 , V_2 und V_5 nach WILSON abgeleitet und in den letzten Sekunden jeder ablaufenden Minute registriert, außerdem kurz vor Versuchsbeginn und 30 Sekunden lang unmittelbar nach Abbruch des Versuches. Allerdings wurde die EINTHOVENsche Ableitung modifiziert, da die Saugelektroden an den Versuchspersonen durch die Bewegungen auf dem Ergometer nicht gehalten hätten. Man befestigte sie also deswegen an den beiden Schultern und an den Rippenbogen. Aus dem Ekg wurde dann die Herzfrequenz entnommen.
2. Der Blutdruck (Tensiomat 69 A, Fa. W. WILKEN) wurde automatisch nach der RIVA-ROCCI-Methode registriert und zwar vor dem Versuch, danach am Ende der 2. und 5. Minute, sowie unmittelbar nach Abbruch des Versuches und wiederum in der 2. und 5. Minute der Erholungsphase.
3. Alle spirometrischen Werte wurden mit dem Spirographen (Magnatest, Typ 610, Fa. DARGATZ, geschlossenes System, ventilgesteuert) registriert:
 - a) Atemfrequenz,
 - b) O_2 -Aufnahme (ccm/min) wurden aus der aufgezeichneten Kurve gewonnen.
 - c) Atemminutenvolumen (ccm), sowie
 - d) CO_2 -Abgabe registrierte der Apparat automatisch; die CO_2 -Abgabewerte konnten allerdings nicht verwendet

werden, da das Gerät trotz mehrmaliger Reparaturen nicht einwandfrei funktionierte. Aus diesem Grund konnte auch der respiratorische Quotient nicht bestimmt werden.

- e) Atemvolumen (AMV/AF in ccm),
- f) Atemäquivalent (AMV/O₂-Aufnahme) und
- g) O₂-Puls wurden dann mit Hilfe der oben erwähnten Werte errechnet.

O₂-Aufnahme, AMV und AV wurde auf die Standardbedingungen von 0° C und 760 mm Hg gebracht.

Die Auswertung beschränkte sich auf die Punkte: 1., 2. und 3 b.

Versuchsfolge

In der Zeit vom 1. 6. 1969 bis 10. 12. 1969 wurden insgesamt 2 Versuchsreihen durchgeführt. Jede Reihe erstreckte sich über 3 Wochen und umfaßte 8 Versuche pro Versuchsperson. Die Raumtemperatur betrug dabei im Mittel 21,1° C, die Luftfeuchtigkeit 51,5 % und der Barometerstand 741,5 mm Hg.

Versuch 1, 2 und 3 waren Leerversuche ohne Medikation, da sich die Versuchspersonen erst an die Apparaturen, vor allem an die Gesichtsmaske gewöhnen sollten. Diese Leerversuche erfolgten in der ersten Woche. Von den Versuchen 4 bis 7, die in der zweiten Woche stattfanden, wurden 2 Versuche mit Placebogaben und 2 Versuche mit KMA-Gaben durchgeführt. Der achte Versuch, wiederum ohne Medikation, fiel in die dritte Woche.

Schema der Medikation der 2 Versuchsreihen (wobei L = Leerversuch, P = Placeboversuch und T = Versuch mit Trommcardin bedeuten):

Versuch Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8
Gruppe I	L	L	L	P	P	T	T	L
Gruppe II	L	L	L	T	T	P	P	L

Die zwei Gruppen unterscheiden sich also darin, daß Gruppe I zuerst Placebo und dann KMA erhielten, Gruppe II dagegen zuerst KMA und anschließend Placebo.



Proband während eines Versuches

Medikation

Gruppe I erhielt zu Versuch 4 und 5 je 5 mal 2 Placebos und zu Versuch 6 und 7 je 5 mal 2 Dragee Kalium-Magnesium-Aspartat (Trommcardin^R), wobei 1 Dragee 175 mg Kalium-Aspartat und 175 mg Magnesium-Aspartat enthielt. Begonnen wurde mit der Einnahme von 1 mal 2 Dragee am Abend des Tages vor dem Versuch, so daß am Versuchstag bis zum Versuchsantritt noch 4 mal 2 Dragee, 2 davon 1 Stunde vorher, eingenommen werden mußten. Fand am darauffolgenden Tag wieder ein Versuch statt, so war die Reihenfolge der Einnahme die gleiche. Gruppe II erhielt dieselbe Dosis wie Gruppe I, allerdings erst KMA und dann Placebos.

Beispiel (x = Versuch)

Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di
x	x		x			x	x		x	x				x
1	2		3			4	5		6	7				8
					1x2	4x2	4x2	1x2	4x2	4x2				
						1x2			1x2					
					P	P	P	T	T	T				

B. Versuchsergebnisse

I. Vorbemerkungen

Als Thema dieser Arbeit wurde die Frage nach dem Wert körperlichen Trainings und der Gabe von KMA auf die Leistungsfähigkeit gesunder Medizinstudenten gestellt. Nach MELLEROWICZ, HETTINGER, REINDELL u.a. (10, 19, 26) stellt eine körperliche Belastung der in den Versuchen durchgeführten Intensität und Zeitfolge einen Trainingsreiz dar, der zu Veränderungen der zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit herangezogenen Meßwerten führen muß. Im Folgenden sollen mögliche Veränderungen dieser Werte überprüft werden.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, entsprechen die erreichten Mittelwerte beider Gruppen in allen Parametern ungefähr den von MELLEROWICZ (19) angegebenen Normwerten für untrainierte Männer im Alter von 20 bis 30 Jahren. Hinsichtlich der Homogenität der Leistungsfähigkeit sind bei Gruppe I gewisse Einschränkungen zu machen. So liegt bei Gruppe I die Versuchsperson Nr. 2 bezüglich der Leistungsfähigkeit über und Proband Nr. 7 unterhalb des Durchschnittes der Leistung der restlichen 6 Probanden. Bei Gruppe II sind die Unterschiede bedeutend geringer. In der Gesamtheit lassen sich jedoch die beiden Gruppen bezüglich der in dieser Arbeit interessierenden Fragen gut vergleichen. Ein Ergebnis erscheint wert, besonders hervorgehoben zu werden: Die Meßwerte des 1. Versuches liegen bei beiden Gruppen in allen Parametern außerhalb des in den folgenden 7 Versuchen erreichten Durchschnittes. Als Beispiel seien die Mittelwerte des systolischen Blutdruckes im 1. und 8. Versuch beider Gruppen angeführt:

	1. Versuch	3. Versuch	8. Versuch
Gruppe I	200	168	168
Gruppe II	179	164	168

Gemessen jeweils in der 5. Minute bei 100 Watt Belastung. Die Erklärung dürfte sein, daß durch die ungewohnte Gesichtsmaske und die Art des Versuchsablaufes über eine starke psychische Alteration eine Veränderung der Meßwerte verursacht wird. Wie aus den Tabellen hervorgeht, pendeln sich die Meßwerte frühestens im 2. Versuch auf einen für den Probanden und die Belastung charakteristischen Wert ein. Die dann noch registrierten Schwankungen liegen von Ausnahmen abgesehen in einem Bereich von ca. 10 %, die als unvermeidbare Fehler nach MELLEROWICZ jeder spiroergometrischen Untersuchung anhaften. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die als "Ruhewert" registrierten Meßwerte bei geschlossener Gesichtsmaske auf dem Fahrradergometer sitzenden Probanden zu Beginn des Versuches bestimmt worden sind. Das heißt, es handelt sich nicht um echte Ruhe-Werte sondern eher um sogenannte Erwartungswerte.

II. Tabellen und graphische Darstellungen der registrierten Parameter

Blutdruck
Herzfrequenz
Sauerstoffverbrauch
Leistung

" 2. Minute 100 Watt" bzw. " 5. Minute 100 Watt" bedeutet, daß die Messung des betreffenden Wertes am Ende der zweiten Minute bzw. der 5. Minute während des 5minütigen "Aufwärmens" bei konstanter Belastung von 100 Watt erfolgt ist. "Maxi-

male Belastung" representiert den Meßwert im Augenblick des Abbruches der Belastung bei größter Anstrengung.
" 2. Minute p bzw. 5. Minute p bedeutet, daß die Messung des betreffenden Wertes am Ende der 2. bzw. 5. Minute nach Beendigung der Belastung erfolgt ist.

In den Tabellen der Einzelwerte sind die Probanden mit den Zahlen 1 bis 8 gekennzeichnet. Die Reihenfolge ist in allen Tabellen beibehalten, so daß z. B. der mit der Ziffer 3 bezeichnete Proband in allen Tabellen dieselbe Person ist.

Aus der Statistik wurden folgende Werte verwendet:

1. der arithmetische Mittelwert
2. die Streubreite der Einzelwerte
3. der mittlere Fehler des Einzelwertes "s".

Eine Signifikanzprüfung wurde bei allen gemessenen Parametern zwischen den "Placebo-Versuchen" und den "KMA-Versuchen" durchgeführt. Der Kürze wegen wurde auf eine Darstellung verzichtet, da diese Prüfung so eindeutig ausfiel, daß sich aus dem Wert "s" das Ergebnis leicht abschätzen läßt. Meßwerte, die aus technischen Fehlern im Versuchsablauf nicht verwertet werden konnten, sind durch einen Strich angezeigt.

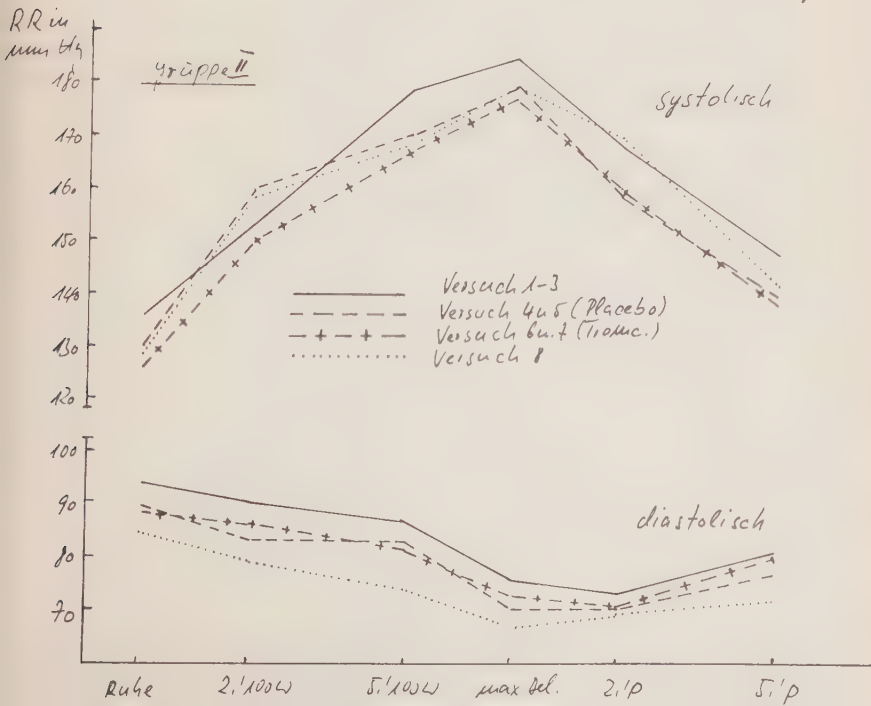
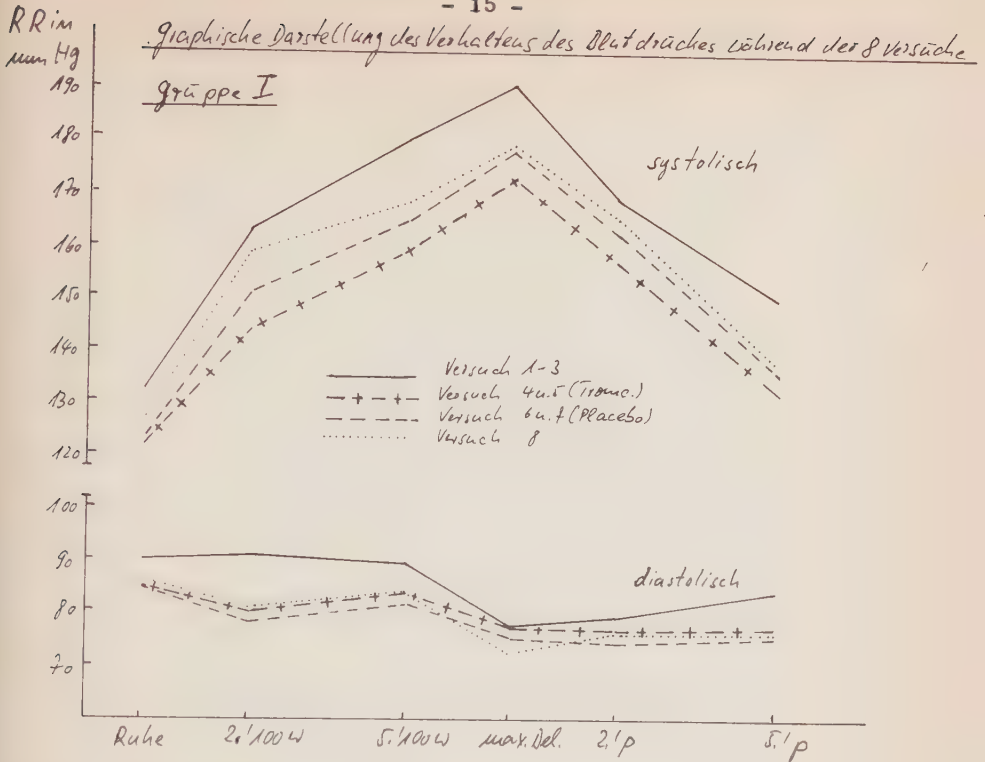
Versuchsergebnisse des registrierten Blutdruckes

1. Mittelwerte der Gruppe I

Versuchsfolge:	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeitpunkt der Messung:								
in Ruhe	136/89	130/90	129/89	122/85	123/85	124/84	123/86	127/85
2.Min.100 Watt	179/93	156/88	156/89	144/82	144/77	152/81	151/78	159/80
5.Min.100 Watt	200/89	173/91	168/87	156/85	163/82	163/85	165/79	168/80
max.Belastung	213/72	180/83	181/76	173/79	173/75	176/76	181/75	178/76
2.Min. p	177/80	167/82	163/76	157/78	156/74	159/75	166/74	165/75
5.Min. p	173/90	137/83	139/79	132/78	131/76	137/77	133/74	137/75

2. Mittelwerte der Gruppe II

Versuchsfolge:	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeitpunkt der Messung:								
in Ruhe	139/97	138/96	130/89	129/84	131/88	129/89	123/83	128/84
2.Min.100 Watt	166/94	140/91	151/84	159/83	162/84	154/89	147/83	159/80
5.Min.100 Watt	179/90	183/87	171/82	168/83	172/83	166/80	167/85	168/80
max.Belastung	185/74	194/74	168/77	184/69	174/71	176/71	177/76	179/76
2.Min. p	174/76	169/73	162/71	161/72	156/68	157/71	163/71	170/71
5.Min. p	154/88	147/80	142/76	135/78	143/74	146/81	130/80	141/75



Blutdruckeinzelnwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)

1. In Ruhe sitzend, vor Beginn des Versuches:

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	140/100	140/100	130/90	120/85	120/90	125/80	130/80	130/85
2	135/90	120/80	120/90	120/85	120/80	120/85	110/85	125/85
3	125/80	130/95	125/90	120/85	120/80	130/80	120/80	125/80
4	140/90	125/80	125/85	120/80	120/85	120/80	110/85	105/85
5	170/90	150/105	140/80	130/85	135/85	130/80	125/95	140/85
6	130/90	125/90	120/80	120/80	115/80	120/80	125/85	130/85
7	130/90	130/90	150/110	125/100	130/100	130/100	140/100	140/100
8	120/85	120/80	120/90	120/80	120/80	120/90	120/80	120/80
Mittelwert:	136/89	130/90	129/89	122/85	123/85	124/84	123/86	127/86
Streu- syst.:	170-120	150-120	150-120	130-120	135-115	130-120	140-110	140-105
breite diast.:	100-80	105-80	110-80	100-80	100-80	100-80	100-80	100-80
S	: 15, 3/5, 6 10, 4/9, 6 10, 9/9, 4 3, 7/6, 5 5, 5/7, 1 4, 9/7, 3 10/7, 4 11, 3/6, 2							

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)

3. Bei maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	270/20	200/75	200/60	180/70	190/50	190/60	200/60	200/50
2	290/95	-	180/70	165/80	150/70	150/70	-	170/75
3	-	180/70	170/85	170/80	170/80	175/80	175/75	180/70
4	170/80	170/80	190/90	170/75	175/80	185/75	180/80	150/80
5	205/60	-	200/70	190/75	180/65	180/60	190/60	180/60
6	200/100	170/85	170/90	165/95	160/80	170/105	180/90	190/90
7	185/70	190/90	165/70	170/75	170/85	190/80	170/85	175/85
8	170/80	170/100	170/85	170/85	190/90	170/80	170/75	190/70
Mittelwert:	213/72	180/83	181/76	173/79	173/75	176/76	181/75	179/73
Streu- syst.:	270-170	200-170	200-165	190-165	190-150	190-150	200-170	200-150
breite diast.:	100-20	100-70	90-60	95-75	90-50	105-60	90-60	90-50
S	: 48/26,7 12,6/10,8 14,3/11,3 8,5/7,8 13,9/12,8 13,3/14,3 10,0/11,5 15,2/13,1							

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)

4. In der 5. Minute nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	250/120	150/80	140/75	130/75	150/60	155/65	140/65	160/65
2	240/100	120/85	125/75	120/80	120/90	120/80	120/75	135/80
3	165/70	120/70	150/75	135/75	120/70	120/70	125/70	125/75
4	155/85	130/70	130/85	125/80	120/80	140/75	120/80	110/85
5	-	160/90	150/70	150/80	125/70	-	130/65	130/70
6	140/90	120/100	130/85	135/85	125/70	135/80	135/80	155/80
7	140/90	155/90	155/90	140/70	145/85	140/90	145/80	135/80
8	125/75	140/80	130/80	120/80	140/80	150/80	145/80	145/80
Mittelwert:	173/90	137/83	139/79	132/78	131/76	137/77	133/74	137/77
Streu- breite diast.:	250-125 100-75	160-120 100-70	155-125 90-70	150-120 85-70	150-120 90-60	155-120 90-65	145-120 80-65	160-110 85-65
S	: 51/16,6 16,7/10,3 11,6/6,8 10,3/4,6 12,4/9,8 13,5/8,1 10,4/6,8 16,2/6,5							

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

1. In Ruhe sitzend vor Beginn des Versuches

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	155/100	130/90	130/85	130/90	120/80	125/75	120/80	135/85
2	130/90	130/90	120/80	110/70	120/80	120/80	115/80	110/80
3	130/110	140/115	120/100	140/110	120/85	139/90	120/95	120/75
4	150/95	115/85	120/80	115/80	125/90	110/80	110/80	115/75
5	150/105	160/100	160/100	160/100	130/110	140/100	150/100	150/100
6	140/85	130/90	130/85	120/80	135/80	125/80	120/90	120/80
7	120/90	125/95	110/85	110/90	130/80	120/100	110/85	125/85
8	140/100	170/100	150/100	145/95	165/100	165/110	140/100	150/100
Mittelwert:	139/97	138/96	130/89	129/89	131/88	129/89	123/88	128/85
Streu- syst.:	155-120	160-115	160-110	160-110	165-120	165-110	150-110	150-110
breite diast.:	110-85	115-85	100-80	110-70	110-80	110-75	100-80	100-75
S	: 12,1/8,4	18,5/9,4	17/9,0	18,3/12,7	14,9/11,3	16,8/12,7	14,4-9,3	15,3/10,0

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

2. Nach 5 Minuten Fußkurbelarbeit bei 100 Watt

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	170/100	165/100	170/90	160/80	165/75	170/80	175/80	170/105
2	170/60	165/90	150/80	145/80	160/75	140/85	145/80	135/80
3	180/95	180/90	160/90	175/90	165/90	165/80	150/90	170/85
4	170/90	150/65	160/70	145/65	155/85	130/85	160/90	150/75
5	220/110	250/85	225/90	220/90	215/85	190/80	210/100	200/80
6	175/80	160/80	165/70	160/70	175/75	-	150/70	170/65
7	160/95	190/90	150/85	180/85	170/85	160/70	170/70	170/90
8	190/90	200/95	190/90	160/105	170/90	210/80	175/100	175/90
Mittelwert:	179/90	183/87	171/83	168/83	172/83	166/80	167/85	168/84
Streu- syst.:	220-160	250-150	225-150	220-145	215-155	210-130	210-145	200-135
breite diast.:	110-60	100-65	90-70	105-65	90-75	85-70	100-70	105-65
S	: 18,6/14,9 31,8/10,7 25,2/8,8 24/12,5 18,5/6,5 27,5/5,0 21/12,0 18,9/11,9							

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

3. Bei maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	220/85	175/80	180/80	180/70	170/80	-	190/80	190/70
2	160/60	240/75	175/65	160/65	165/70	150/75	155/75	160/70
3	165/70	180/75	160/90	180/60	165/50	170/70	160/70	145/50
4	160/70	180/60	180/70	190/65	180/80	180/70	-	170/70
5	210/80	225/60	240/75	240/60	220/85	215/80	215/80	215/70
6	175/65	175/65	170/65	170/70	175/60	170/60	160/65	170/60
7	170/100	175/85	150/85	170/85	150/60	150/80	180/70	170/70
8	220/60	200/80	190/85	180/75	170/80	200/60	180/90	210/70
Mittelwert:	185/74	194/73	168/77	184/69	174/71	176/71	177/76	179/66
Streu- syst.:	220-160	240-175	240-150	240-160	220-150	215-150	215-155	215-145
breite diast.:	100-60	85-60	90-65	85-60	85-50	80-60	90-65	70-50
S	: 26,9/13,8 25,6/9,6 16,9/9,6 24,4/8,3 20,4/12,7 24,3/8,4 21,2/8,4 24,3/7,4							

Blutdruckeinzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

4. In der 5. Minute nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	170/90	120/75	-	140/75	130/60	240/100	130/80	150/70
2	140/85	180/100	135/65	130/60	150/75	130/90	125/75	130/65
3	-	125/80	130/80	110/75	120/80	120/80	105/80	130/70
4	130/90	120/85	130/70	130/80	130/80	110/65	-	125/70
5	140/110	180/100	180/85	170/105	150/100	140/100	150/100	160/90
6	150/80	140/70	140/60	130/70	155/65	140/70	135/70	140/60
7	130/90	140/70	110/85	130/70	120/60	120/75	125/65	120/65
8	220/70	170/80	170/90	120/75	190/70	170/70	140/90	170/75
Mittelwert:	154/88	147/83	142/76	150/80	143/74	146/81	130/80	141/71
Streu- syst.:	220-130	180-120	180-130	135/78	155-120	240-110	150-105	160-120
breite diast.:	110-80	100-70	90-60	170-110	100-60	100-65	100-65	90-60
S	: 32,1/12,2 26,0/12,0 24,5/11,4 105-60 23,4/13,3 42,1/13,8 14,4/11,9 17,8/9,0							
	18,5/12,8							

Versuchsergebnisse der gemessenen Herzfrequenzen

1. Mittelwerte aller gemessenen Herzfrequenzen und ihre Streubreite bei Gruppe I

Alle unter "Herzfrequenz" angegebenen Werte sind in Schlägen/Minute ausgedrückt.

Versuchsfolge:	1	2	3	4	5	6	7	8
Appl. v. KMA	-	-	-	x	x	-	-	-
Placebo	-	-	-	-	-	x	x	-
Zeitpunkt d. Messung								
in Ruhe sitzend:	107	104	99	100	98	90	86	97
2. Min. 100 Watt:	149	144	142	142	136	135	136	138
5. Min. 100 Watt:	158	154	150	149	147	144	143	146
150 Watt	: 175	173	170	166	166	163	162	162
200 Watt	: 193	190	185	180	182	180	180	179
225 Watt	: 193	197	191	189	188	186	185	185
max. Belastung	: 199	196	147	196	194	192	193	196
2. Min. p	: 151	151	152	149	149	139	143	148
5. Min. p	: 135	130	130	130	130	122	123	127

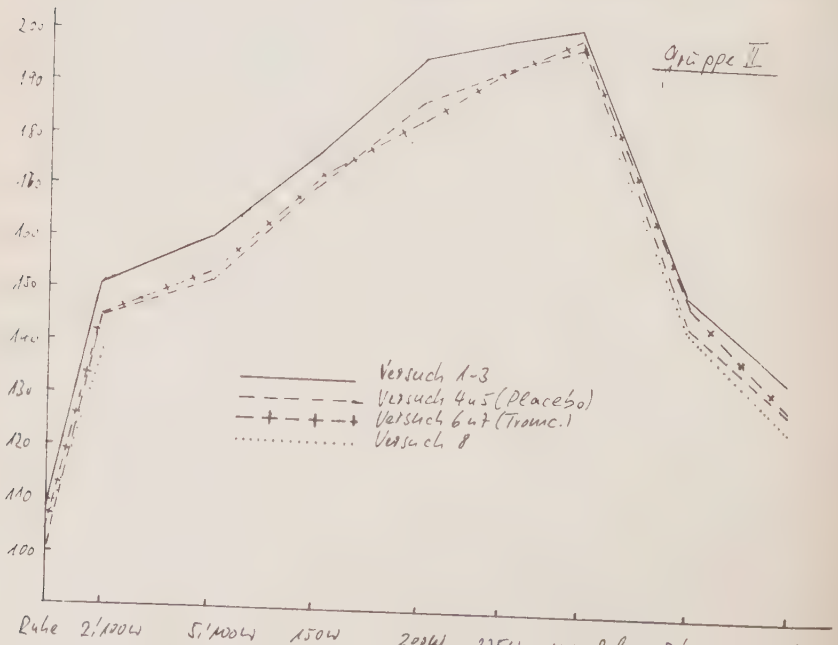
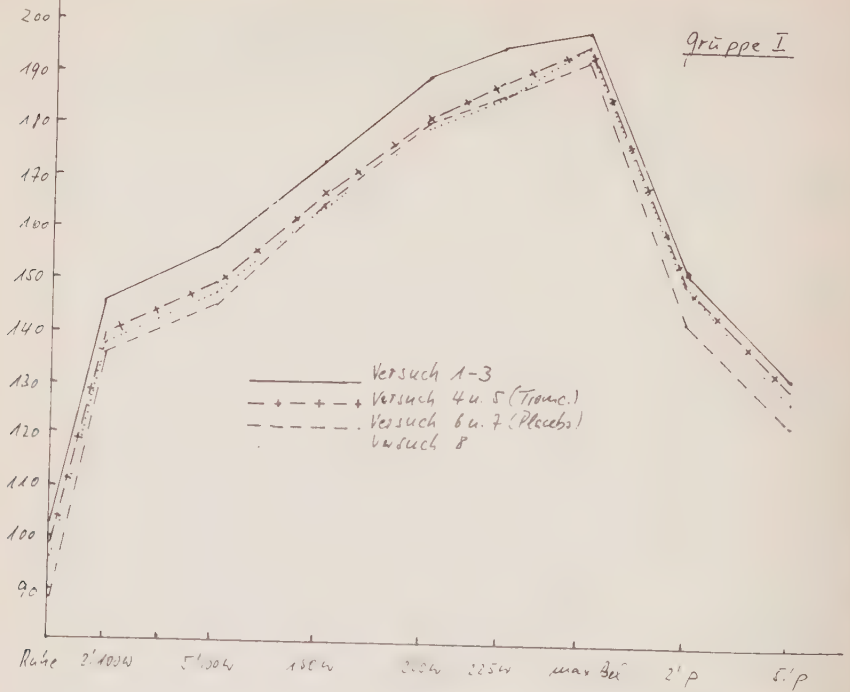
Versuchsergebnisse der gemessenen Herzfrequenzen

2. Mittelwerte aller gemessenen Herzfrequenzen und ihre Streubreite bei Gruppe II

Versuchsfolge:	1	2	3	4	5	6	7	8
= 8								
Appl. v. KMA	-	-	-	-	-	x	x	-
Placebo	-	-	-	x	x	-	-	-
Zeitpunkt d. Messung								
in Ruhe sitzend:	112	167	104	94	108	104	103	105
2. Min. 100 Watt:	151	152	148	143	148	144	145	139
5. Min. 100 Watt:	159	166	156	153	151	153	154	149
150 Watt :	178	180	173	169	169	171	171	167
200 Watt :	193	197	190	187	187	185	184	181
225 Watt :	198	201	195	192	195	193	194	192
max. Belastung :	199	201	204	197	198	200	199	196
2. Min. p :	150	150	153	145	146	154	145	145
5. Min. p :	132	137	137	129	129	130	130	125

Herzfrequenz
in Schlägen/min

graphische Darstellung des Verhaltens der Herzfrequenz während der 8 Versuche



Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)

1. In Ruhe sitzend

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	104	110	105	107	90	92	68	80
2	130	-	93	102	114	102	100	100
3	98	-	-	112	100	87	98	106
4	-	98	-	108	90	82	78	102
5	125	95	95	95	105	88	82	109
6	-	-	90	71	84	90	78	91
7	100	112	110	-	107	90	105	118
8	82	-	-	102	94	92	81	69
Mittelwert:	107	104	99	100	98	90	86	97
Streubr. :	130-82	112-95	110-90	112-71	114-84	102-82	105-78	118-69
S :	18,8	8,5	8,5	13,7	10,2	5,7	13,1	16,1

2. Nach 5 Minuten Fußkurbelarbeit bei 100 Watt

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	132	132	117	135	134	128	115	120
2	156	155	144	138	151	143	142	130
3	172	160	158	145	145	145	153	155
4	165	162	175	150	140	148	136	151
5	170	165	150	150	150	150	142	150
6	145	150	140	148	148	150	148	160
7	175	170	180	177	167	143	162	174
8	145	138	138	148	142	142	145	125
Mittelwert:	158	154	150	149	147	144	143	146
Streubr. :	175-132	170-132	180-117	177-135	167-134	150-128	162-115	174-120
S :	15,6	13,3	20,5	12,7	9,8	7,1	13,8	18,8

Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)

3. Nach 150 Watt "vita maxima"

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	150	150	140	150	145	140	140	138
2	175	170	162	154	169	162	160	145
3	195	187	176	165	165	160	168	170
4	185	185	190	172	168	166	158	170
5	180	178	170	170	170	165	160	170
6	175	170	165	168	165	169	163	170
7	190	187	190	187	175	175	178	186
8	150	155	163	165	170	165	165	147
Mittelwert:	175	173	170	166	166	163	162	162
Streubr. :	195-150	187-150	190-140	187-150	175-145	175-140	178-140	186-138
S	: 16,9	14,3	16,4	11,3	9,0	10,3	10,7	16,6

4. Nach maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	195	197	188	198	200	200	193	200
2	200	195	190	200	197	190	200	196
3	203	203	213	202	200	200	203	196
4	198	200	195	192	190	190	186	191
5	195	200	192	190	190	185	182	190
6	195	194	190	185	183	190	185	196
7	202	190	205	188	185	181	194	198
8	204	192	205	203	203	198	198	200
Mittelwert:	199	196	197	196	194	192	193	196
Streubr. :	204-195	203-190	213-188	202-185	203-183	200-181	203-182	200-196
S	: 3,4	4,4	9,1	6,3	7,5	7,0	7,6	3,7

Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe I (Trommcardin im 4. und 5. Versuch)
5. 5 Minuten nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	125	126	120	128	132	125	117	115
2	142	140	133	133	144	122	133	130
3	132	122	130	123	117	113	121	115
4	143	139	140	130	125	122	122	118
5	138	130	125	128	127	120	115	132
6	131	125	120	121	125	128	117	133
7	148	136	150	143	140	120	134	150
8	123	120	122	133	128	123	122	125
Mittelwert:	135	130	130	130	130	122	123	127
Streubr. :	148-123	140-120	150-120	143-121	144-117	128-113	134-117	150-115
S :	8,9	7,8	10,7	8,3	8,7	4,4	7,2	11,8

Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

1. In Ruhe sitzend

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	-	148	108	112	91	100	102	112
2	132	-	122	90	123	140	115	95
3	117	108	98	106	125	111	110	112
4	90	80	102	79	92	85	106	85
5	110	94	96	89	107	100	96	90
6	111	110	116	125	118	111	104	118
7	114	103	100	72	102	90	101	106
8	-	-	90	86	105	95	92	118
Mittelwert:	112	107	104	94	108	104	103	105
Streubr. :	132-90	148-80	108-90	125-72	123-91	140-85	115-92	118-85
S :	13,5	22,8	10,6	16,7	13,1	17,1	7,4	12,9

Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

2. Nach 5 Minuten Fußkurbelarbeit bei 100 Watt

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	153	182	153	150	137	132	150	144
2	155	163	154	139	151	165	160	143
3	163	162	156	150	160	153	160	153
4	140	134	138	136	125	140	147	134
5	152	164	146	145	148	142	151	132
6	168	168	175	178	169	168	162	159
7	177	183	173	170	171	175	172	174
8	161	171	-	158	143	146	139	152
Mittelwert:	159	166	156	153	151	153	154	149
Streuabr. :	177-140	182-134	175-138	178-136	171-125	175-132	172-139	174-134
S	: 11,2	15,2	13,5	14,7	15,8	15,3	10,3	13,8

3. Nach 150 Watt "vita maxima"

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	170	195	171	167	160	153	160	168
2	172	173	169	153	164	180	173	157
3	177	179	172	166	173	168	173	170
4	159	155	155	150	145	158	155	150
5	175	178	164	162	167	160	170	149
6	190	182	196	194	186	190	185	185
7	200	196	190	191	189	186	185	189
8	180	179	165	169	165	163	163	165
Mittelwert:	178	180	173	169	169	170	171	167
Streuabr. :	200-159	196-155	196-155	154-150	189-145	190-153	185-160	189-150
S	: 12,6	12,9	13,7	16,0	13,9	13,8	11,0	14,8

Herzfrequenz-Einzelwerte der Gruppe II (Trommcardin im 6. und 7. Versuch)

4. Nach maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	189	210	198	190	186	186	188	190
2	205	191	205	195	196	200	192	190
3	201	202	199	196	196	197	197	200
4	169	190	203	200	198	215	215	202
5	199	199	196	184	190	182	188	175
6	210	209	223	210	206	207	205	212
7	209	206	195	208	210	207	207	205
8	208	203	210	190	208	208	196	194
Mittelwert:	199	201	204	197	198	200	199	196
Streubr. :	210-189	210-191	223-195	210-190	210-186	208-182	215-188	212-175
S :	13,8	7,6	9,3	9,0	9,1	11,4	9,7	11,3

5. 5 Minuten nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	144	153	135	125	120	130	125	135
2	135	130	131	127	135	146	127	128
3	125	136	136	122	128	127	132	125
4	123	122	123	110	122	128	127	110
5	118	123	123	117	117	115	114	102
6	147	142	172	146	140	143	142	144
7	122	123	117	128	120	124	124	117
8	143	162	157	155	148	-	150	140
Mittelwert:	132	137	137	129	129	130	130	125
Streubr. :	147-118	162-122	172-117	155-110	148-117	146-115	150-114	144-102
S :	11,5	15,1	18,8	14,8	11,2	10,8	11,2	14,7

Versuchsergebnisse des gemessenen O₂-Verbrauches bei Gruppe I und II

Alle Werte sind angegeben in ccm/min, wobei das Volumen auf Standardbedingungen (STPD) umgerechnet ist.

1. Mittelwert bei Gruppe I

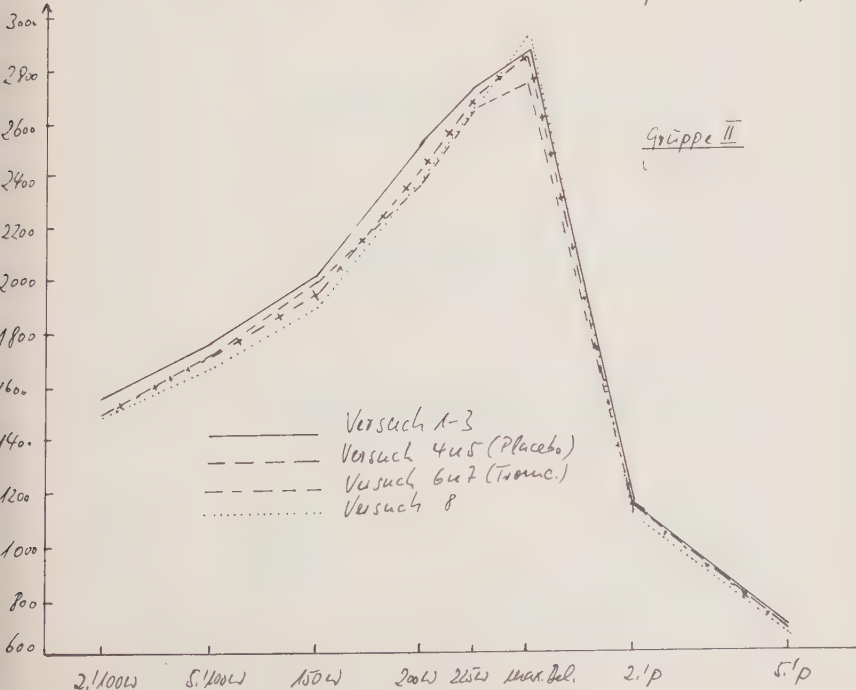
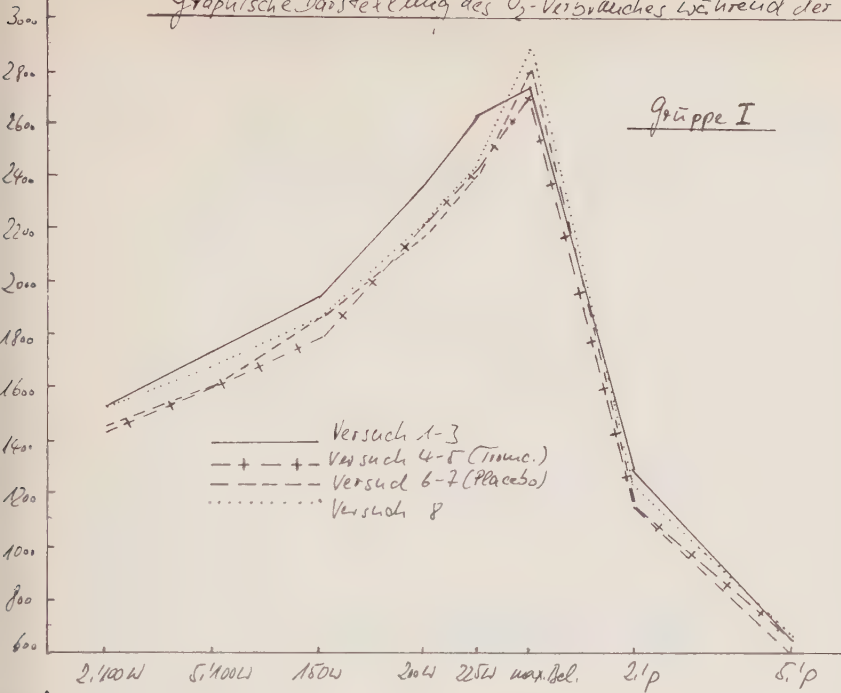
Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeitpunkt								
d.Messung:								
2.Min.100 Watt:	1580	1530	1530	1490	1420	1420	1550	1550
5.Min.100 Watt:	1750	1730	1670	1620	1580	1550	1650	1680
150 Watt	1930	1970	1930	1800	1790	1860	1890	1870
200 Watt	2500	2230	2390	2240	2240	2100	2240	2260
225 Watt	2700	2640	2600	2450	2470	2410	2470	2460
max.Belastung:	2820	2700	2740	2720	2750	2820	2820	2890
2. Min. p	1430	1180	1230	1180	1160	1110	1220	1230
5. Min. p	640	640	640	680	600	590	620	670

2. Mittelwerte bei Gruppe II

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Zeitpunkt								
d.Messung:								
2.Min.100 Watt:	1510	1630	1550	1490	1520	1460	1560	1500
5.Min.100 Watt:	1690	1820	1800	1700	1740	1720	1730	1680
150 Watt	2050	2020	1960	1980	2010	1930	1940	1940
200 Watt	2430	2560	2380	2350	2410	2470	2400	2380
225 Watt	2790	2830	2520	2640	2680	2700	2630	2650
max.Belastung:	2810	2940	2880	2790	2690	2330	2870	2910
2. Min. p	1110	1150	1150	1120	1140	1120	1170	1080
5. Min. p	660	630	670	610	660	650	650	660

-Aufnahme
in cm/min

Graphische Darstellung des O_2 -Verbrauches während der P-Versuche



Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe I

1. O₂-Aufnahme in der 5. Minute Fußkurbelarbeit bei 100 Watt

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	1920	1740	1650	1590	1600	1490	1680	1690
2	1680	1760	1630	1430	1480	1440	1670	1880
3	1700	1870	1630	1610	1510	1570	1610	1710
4	1630	1580	1560	1560	1550	1400	1570	1540
5	1610	1680	1580	1570	1670	1710	1590	1550
6	1730	1670	1830	1750	1560	1530	1670	1630
7	1750	1730	1790	1660	1670	1790	1690	1770
8	1890	1830	1730	1750	1610	1530	1770	1690
Mittelwert:	1750	1730	1670	1620	1580	1560	1650	1680
Streubr.	: 1920-1610	1870-1580	1830-1560	1750-1430	1670-1430	1790-1400	1770-1570	1880-1540
S	: 106	92	98	104	71	132	64	111

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe I

2. O₂-Aufnahme bei 150 Watt unter "vita maxima"

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	2070	2100	1750	1840	1820	1770	1860	1950
2	1690	1920	2070	1650	1890	1750	1930	1790
3	2060	1870	1890	1810	1880	2210	1770	2210
4	1660	1800	1820	1740	1680	1790	1690	1720
5	1960	1910	1930	1790	1560	1750	1750	1700
6	2130	1980	1960	1920	1900	1930	1990	1830
7	1840	2080	2030	1830	1800	1880	2090	1940
8	2030	2080	1950	1880	1780	1840	2080	1780
Mittelwert:	1930	1970	1930	1810	1790	1860	1890	1870
Streuabr.	: 2130-1690	2100-1800	2070-1750	1920-1650	1900-1560	2210-1750	2090-1750	2210-1700
S	: 179	111	107	85	119	151	151	168

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe I

3. O₂-Verbrauch bei maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	3650	3760	3290	3690	3760	4110	4020	3990
2	3200	2640	2650	2820	2830	2760	2890	3220
3	2780	2770	2680	2590	2580	2780	2590	2630
4	3570	2550	2250	2350	2450	2320	2470	2340
5	2150	2080	2590	2320	2330	2250	2340	2550
6	2610	2620	2840	2620	2480	2670	2650	2570
7	2330	2300	2310	2180	2200	2360	2260	2320
8	3240	2850	3270	3190	3650	3330	3320	3370
Mittelwert:	2820	2700	2740	2720	2790	2820	2820	2900
Streubr.	: 3650-2150	3760-2080	3290-2250	3690-2320	3760-2200	4110-2250	4020-2260	3990-2340
S	: 508	495	388	503	597	625	591	572

1
36
1

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe I

4. O₂-Verbrauch in der 5. Minute nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	760	750	600	910	-	600	800	890
2	710	620	620	700	560	570	610	700
3	700	630	750	740	640	660	560	660
4	440	530	500	480	410	490	430	430
5	580	620	570	660	560	480	600	350
6	710	620	610	640	560	660	520	580
7	670	670	570	610	690	520	620	710
8	540	710	930	740	330	700	780	750
Mittelwert:	640	640	640	680	610	590	620	670
Streuabr.	: 760-440	750-530	930-500	910-480	830-410	700-480	800-490	890-430
S	: 107	69	134	122	129	83	112	131

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe II

1. O₂-Aufnahme in der 5. Minute Fußkurbelarbeit bei 100 Watt

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	1770	1930	2050	1660	1700	1830	1660	1560
2	1800	1950	2000	1630	1850	1560	1840	1610
3	1650	1750	1690	1610	1700	1790	1900	1710
4	1720	1730	1680	1700	1650	1720	1580	1800
5	1630	1730	1830	1850	1800	1680	1750	1850
6	1770	1800	1630	1750	1680	1730	1660	1720
7	1610	1730	1770	1770	1840	1800	1740	1670
8	1860	1860	1700	1620	1660	1660	1700	1530
Mittelwert:	1690	1820	1800	1700	1740	1720	1730	1680
Streubr.	: 1860-1610	1930-1730	2050-1680	1850-1610	1850-1650	1800-1560	1900-1580	1850-1550
S	: 169	88	147	86	83	84	102	111

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe II

2. O₂-Aufnahme bei 150 Watt unter "vita maxima"

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	2130	2200	2180	2010	1970	1890	1970	1870
2	2020	1860	1960	1850	1990	1990	1830	1880
3	2030	1880	1930	2090	1870	1920	2070	1850
4	2030	2060	1950	2000	2050	2030	1850	2440
5	2180	2030	1940	2130	1940	1900	1930	1810
6	1990	1980	1710	1840	2030	1900	2030	1970
7	1920	2120	1900	2000	2230	2030	1950	1890
8	2060	2040	2100	1930	1940	1790	1790	1790
Mittelwert:	2050	2020	1960	1980	2010	1930	1940	1940
Streuabr.	: 2180-1920	2200-1800	2180-1710	2130-1850	2280-1870	2030-1790	2070-1790	2440-1790
S	: 80	113	138	106	121	81	93	212

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe II

3. O₂-Verbrauch bei maximaler Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	2930	3250	3150	2850	2710	3140	2780	2980
2	2960	3020	2740	3050	2650	2900	3030	3000
3	2690	2900	2840	2740	2530	2880	3000	2800
4	3220	2950	3190	3180	3090	3090	3260	3150
5	2800	2780	2960	2650	2580	2670	2740	2790
6	2880	2300	2690	2390	2560	2690	2890	2950
7	2320	2740	2480	2120	2800	2750	2670	2750
8	2680	3100	3010	2850	2700	2950	2620	2830
Mittelwert:	2810	2940	2880	2790	2690	2880	2870	2910
Streubr.	: 3220-2320	3250-2740	3150-2480	3180-2120	3090-2560	3140-2670	3260-2620	3150-2750
S	: 261	177	242	316	197	176	214	139

Einzelwerte des O₂-Verbrauches bei Gruppe II

4. O₂-Verbrauch in der 5. Minute nach Ende der Belastung

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	-	790	710	590	610	670	520	800
2	720	530	700	650	720	630	680	720
3	580	600	700	570	570	680	620	610
4	1030	480	620	520	610	710	690	680
5	480	580	700	610	430	400	580	410
6	580	550	760	310	600	650	730	540
7	610	360	490	600	730	820	670	680
8	610	670	720	700	970	-	700	880
Mittelwert:	680	630	670	610	560	650	650	660
Streubr.	: 1030-480	360-480	760-490	700-520	970-430	320-400	730-520	880-540
S	: 179	132	84	53	159	128	70	147

Überblick über während der 8 Versuche erreichten

Leistung ausgedrückt in mkg

Gruppe I

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Proband:								
1	12228	14062	14062	16049	16049	18189	16049	18189
2	7643	9018	9018	10547	9018	9018	10547	10547
3	7643	9018	10547	10547	10547	10547	10547	9018
4	9018	9018	7643	9018	9018	9018	9018	7643
5	7643	7643	9018	9018	9018	9018	9018	9018
6	9018	9018	9018	9018	9018	9018	9018	9018
7	6420	7643	7643	6420	6420	6420	7643	7643
8	10547	10547	12228	12228	12228	12228	12228	14062
Mittelwert:	8770	9495	9897	10355	10164	10432	10508	10342
Streubr.	: 12228-6420	14062-7643	14062-7643	16049-6420	16049-6420	18189-6420	16049-7643	18189-7643
S	: 1873	2050	2257	2850	2886	3535	2633	3675

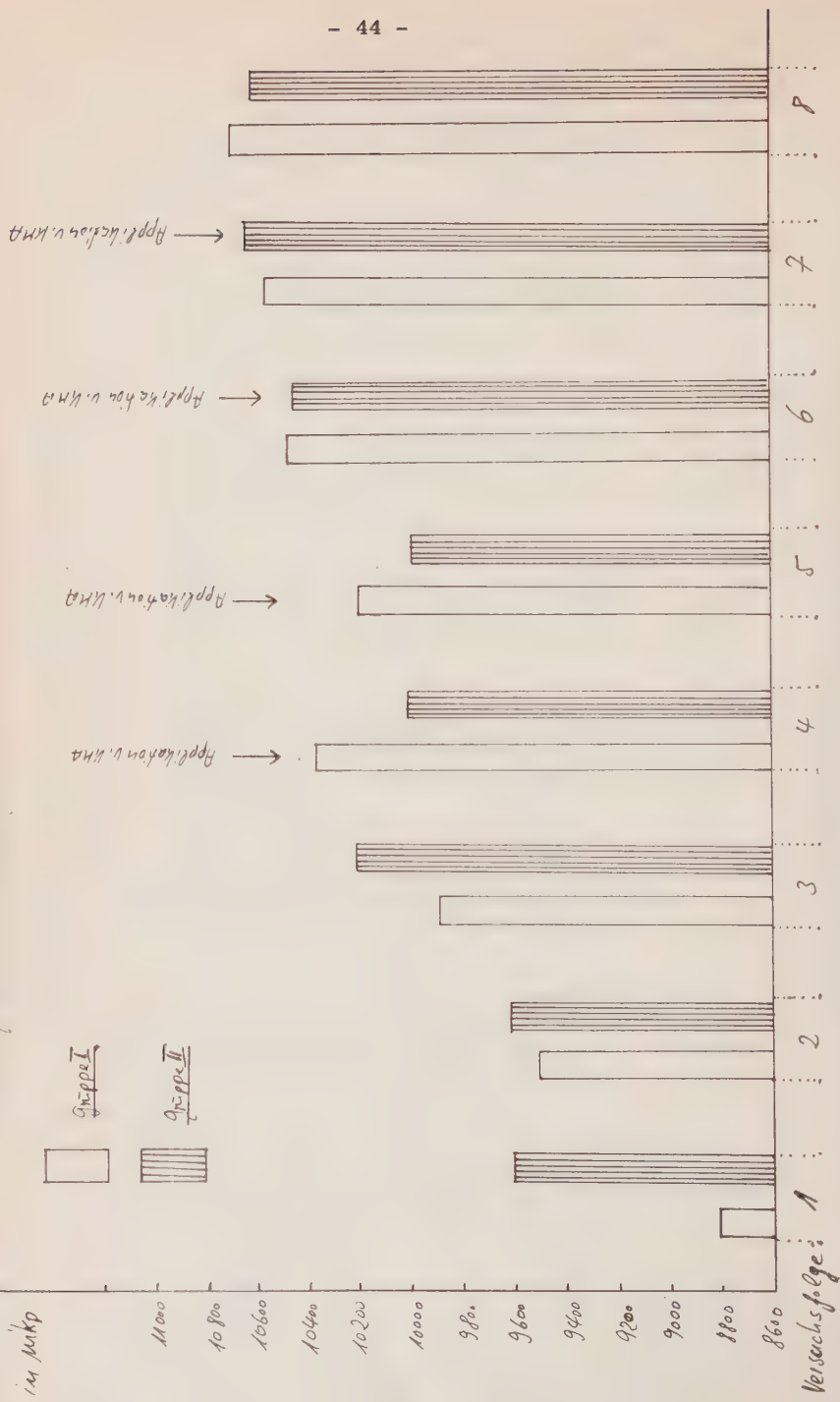
Überblick über während der 3 Versuche erreichten

Leistung ausgedrückt in mkp

Gruppe II

Versuch:	1	2	3	4	5	6	7	8
Probant:								
1	10547	10547	10547	10547	10547	10547	10547	12228
2	10547	9018	10547	10547	10547	10547	10547	10547
3	10547	10547	10547	10547	9018	10547	10547	10547
4	10547	10547	12228	12228	12228	14062	14062	12228
5	9018	9018	9018	9018	9018	9018	9018	9018
6	9018	9018	10547	9018	9018	9018	10547	10547
7	7643	7643	7643	7643	9018	9018	9018	9018
8	9018	10547	10547	10547	10547	10547	10547	10547
Mittelwert:	9611	9611	10203	10012	9992	10413	10604	10585
Streuabr.	: 10547-7643	10547-7643	12228-7643	10547-7643	12228-9018	14062-9018	14062-9018	12228-9018
S	: 1100	1100	1344	1396	1178	1657	1559	1214

Leistung der beiden Versuchsanordnungen während der Versuchsdauer



V Versuchsergebnisse:

III. Beschreibung der Ergebnisse und ihre Diskussion

1. Der Blutdruck

Ergebnisse: Abgesehen vom ersten Versuch begannen die Probanden beider Gruppen die Belastung mit einem durchschnittlichen systolischen Blutdruck um 130 mm Hg. Während der Belastung stieg dieser im Mittel auf 150 mm Hg in der 2. Minute und 165 mm Hg in der 5. Minute bei 100 Watt an und erreichte bei maximaler Belastung Werte um 180 bis 190 mm Hg. Ein extrem hoher Wert wurde vom Probanden 1 im 1. Versuch der Gruppe I mit 290 mm Hg registriert. In der 5. Minute nach Ende der Belastung war der systolische Blutdruck im allgemeinen noch nicht auf den Ausgangswert abgesunken, sondern lag bei 135 bis 140 mm Hg. Der diastolische Wert sank mit steigender Belastung im Mittel bei beiden Gruppen um ca. 10 mm Hg ab, um in der 2. Minute nach Ende der Belastung seinen tiefsten Wert bei durchschnittlich 70 mm Hg zu erreichen. Bei beiden Versuchsgruppen ist eine deutliche Verminderung des systolischen Blutdruckanstieges zu allen Meßzeitpunkten im Verlauf der 8 Versuche zu erkennen. Auffällig ist, daß dies bei den Versuchen, die unter KMA -Medikation standen, zu allen Meßzeitpunkten besonders stark hervortritt, das heißt, über die gesamte Dauer des Versuches ist der systolische Druck bei KMA Applikation niedriger, als bei allen anderen Versuchen, unabhängig davon, ob KMA im 4. und 5. Versuch wie bei Gruppe I oder in 6. und 7. Versuch bei Gruppe II gegeben wurde. Bei der ersten Gruppe ist dieser Effekt noch deutlicher als bei Gruppe II zu erkennen. Wie sich aus der mittleren Streuung des Einzelwertes "s" aus den Tabellen leicht abschätzen läßt, ist jedoch diese Verminderung unter KMA-Applikation gegenüber

den "Placebo-Versuchen" nicht signifikant ($p > 0,1$). Lediglich gegenüber den Versuchen 1 bis 3 liegt die Erniedrigung knapp an der Signifikanz-Grenze. Signifikante Unterschiede ergeben sich nur zwischen dem 1. und dem 8. Versuch. Beim diastolischen Wert ist ein ähnlicher Effekt nicht erkennbar.

Diskussion:

Die im Laufe der 8 Versuche eingetretene Verminderung des systolischen Blutdruckanstieges ist als Trainingswirkung zu deuten. Die zusätzlich zu dieser aufgetretenen Erniedrigung des systolischen Druckes bei den Versuchen 4 und 5 der I. Gruppe und den Versuchen 6 und 7 der II. Gruppe deuten auf eine KMA-Wirkung hin. Im Einklang steht dieses Ergebnis zum Teil mit der von MIES (1967) gemachten Beobachtung an Meerschweinchenherzen in situ. Er fand nach Infusion von 1 ml einer 10 %igen KMA-Lösung neben einer Steigerung der Kontraktionskraft des Herzens eine sich nach Ende der Infusion verstärkende Verminderung der systolischen und diastolischen Blutdruckwertes. Eine antihypertensive Wirkung auf dem Boden von KMA wird mehrfach beschrieben. So berichten SOS, GATI und RIGO über das Ausbleiben einer Hypertonie nach einer sogenannten S 55 Diät bei Albinoratten durch KMA-Infusion. Im Vergleichskollektiv, das mit anderen Aspartat-Salzen behandelt worden war, stellte sich dagegen eine Hypertonie ein. Ebenso zeigten SZLENYI, NEMESANSKY, FERENCSI, RIGO (27) und GAVRILLECU (7), die ersteren an Gefäßwänden unter in vivo und in vitro-Bedingungen, letztere bei ischämischen Extremitäten am Menschen, daß es durch KMA-Gaben zu einer Vermehrung des Blutdurchflusses in den Gefäßen kommt, wohl durch eine Verminderung des Gefäßtonus bzw. des Gefäßwiderstandes. Diese Wirkung wird nicht nur mit dem bekannten Einfluß des Mg^{++} auf den Tonus glatter Muskulatur erklärt, sondern auch mit

einer Wirkung des Aspartates, da der beobachtete Effekt mit Aspartat größer ist, als mit Mg^{++} alleine. Für den diastolischen Wert ist eine derartige Änderung nicht zu erwarten, da der mögliche Schwankungsbereich viel zu klein ist. Außerdem sind geringe Änderungen der Meßwerte auf Grund der Meßmethode nicht verwertbar. Die Fehlerbreite des mit dem Prinzip des Korotkow-Geräusches gemessenen Blutdruckes ist doch erheblich.

2. Die Herzfrequenz

Vorbemerkungen: Die Messung der Herzfrequenz hat bei spirometrischen Untersuchungen eine zentrale Bedeutung erlangt. Die Messung als solche ist mittels des laufend geschriebenen Ekg sehr genau und relativ einfach. Der ihr anhaftende Meßfehler ist im Vergleich zur unblutigen Blutdruckmessung und der Bestimmung des O_2 -Verbrauches am geringsten. Es ist hinlänglich bekannt, daß die Herzfrequenz einen guten Aufschluß über die Leistungsfähigkeit und den Trainingszustand des Herz- und Kreislaufsystems zuläßt. Die Sinusfrequenz ist abhängig von diastolischen Depolarisation, die durch Adrenalin erhöht und durch Azetylcholin erniedrigt wird. Ein erhöhter Trainingszustand = erhöhter Vagotonus führt so zu einer Frequenzminderung. Eine KMA-Medikation dürfte daher bei einer leistungsbedingten Sinustachykardie eines Herzgesunden keinen direkten frequenzmindernden Einfluß haben.

Ergebnisse:

Die ermittelten Werte beider Gruppen zu den bestimmten Meßzeitpunkten sind aus den vorstehenden Tabellen zu ersehen.

Ausgehend von 100 Schlägen pro Minute zu Beginn des Versuches werden nach 5 Minuten Fußkurbelarbeit 150 bis 160/min von den Probanden im Mittel erreicht. Bei der sich nach 6

Minuten weiter steigenden Belastung erhöht sich die Frequenz in kurzer Zeit auf ca. 200/Minute am Ende der Belastung. Im Mittel steigt die Frequenz pro 25 Watt stufenweise Steigerung um 10 Schläge/min bis zu einer Leistung von 200 Watt/min an. Von hierab werden die Steigerungsraten bis zur Erschöpfung immer kleiner. Je nach körperlicher Leistungsfähigkeit erreicht der Einzelne 1 bis 3 Minuten früher oder später diesen kritischen Wert von 200 Schlägen/min, der als Zeichen für die volle Ausbelastung aller Probanden gelten kann. Die höchste registrierte Herzfrequenz liegt bei 225/min. 2 Minuten nach Ende der Belastung sind die Werte bereits bei allen Probanden um ca. 50/min gefallen und liegen in der 5. Minute, danach wieder bei 125 bis 135/min. Vergleicht man die Versuche 1 bis 8 in chronologischer Reihenfolge, so sieht man, daß im submaximalen Bereich und in der Erholungsphase sich die Mittelwerte beider Gruppen von Anfang bis Ende um ca. 7 bis 14 Schläge/min. vermindert haben. Diese Frequenzminderung vom 1. bis zum 8. Versuch ist nicht signifikant. Sie liegt jedoch nur knapp unter der Signifikanzgrenze ($p > 0,1$). Eine Veränderung der Herzfrequenz, die auf eine KMA-Wirkung hinweist, läßt sich aus dem Vergleich zwischen den Versuchen 4 und 5 mit KMA und den Versuchen 6 und 7 der 1. Gruppe einerseits und den entsprechenden der 2. Gruppe andererseits nicht erkennen. Wie auch aus der graphischen Darstellung hervorgeht, sind die Werte nicht verschieden.

Diskussion:

Es ist bekannt, daß es im Verlauf körperlichen Trainings zu einer vagotonen Einstellung des Herzens kommt, also die Herzfrequenz sinkt. Damit dürfte die Erniedrigungsrate der Herzfrequenz der Probanden im Laufe der Versuche um ca. 10 Schläge/min im submaximalen Bereich und in der Erholungsphase zu erklären sein. Für eine direkte KMA-Wirkung auf die Frequenz des gesunden belasteten Herzens haben sich keine Anhaltspunkte

ergeben. Dies steht im Einklang mit einer Veröffentlichung von AHLBORG (1) und Mitarbeitern, die bei einer Untersuchung an 6 jungen Männern ebenfalls keine Veränderung der Herzfrequenz unter Gabe von KMA registrierten. Diese Befunde beziehen sich aber nur auf gesunde Herzen, nicht z.B. auf mit Halothan vorgeschädigte Herzen von Meerschweinchen, wie in der Arbeit von MIES (21), der eine Minderung der Frequenz und einen positiv-inotropen Effekt durch KMA-Applikation erzielen konnte. Aus den gleichen Gründen läßt sich eine Übereinstimmung mit den Versuchen von GREEFF und KNIPPERS (9), die an isolierten Vorhöfen von Meerschweinchen eine Frequenzminderung durch KMA erreichten, nicht erwarten. Die bei diesen Versuchen nur kurz ausgewertete Erholungszeit von 6 Minuten nach Ende der Belastung läßt eine Aussage über eine mögliche Verkürzung der Erholungsphase, die von COIRAULT und THIEBAULT (4) belegt wird, nicht zu.

3. Der Sauerstoffverbrauch

Ergebnisse: Die Mittelwerte des O_2 -Verbrauchs steigen bei beiden Gruppen von ca. 1550 ccm/min in der 2. Minute bei 100 Watt auf ca. 1700 ccm/min in der 5. Minute bei 100 Watt an. Nach stufenweiser Steigerung der Belastung um je 25 Watt/min vermehrt sich der O_2 -Verbrauch im Mittel jeweils um 250 ccm/min. Individuelle Unterschiede zwischen den Probanden lassen erkennen, daß der Leistungsstärkere für eine definierte Leistung weniger Sauerstoff benötigt als der Leistungsschwächere. Für den submaximalen Bereich wird bestätigt, daß der O_2 -Verbrauch linear proportional mit der Herzfrequenz ansteigt. Je Leistungsstufe steigt der O_2 -Verbrauch um 250 ccm und die Herzfrequenz um ca. 10 Schläge/min. Der maximale O_2 -Verbrauch liegt bei 2800 ccm/min. Innerhalb der ersten 5 Minuten nach Ende der Belastung sank die O_2 -Aufnahme auf 650 ccm/min. Die beiden Gruppen stimmen hierin gut

überein. Beim Vergleich der Mittelwerte der ersten drei Versuche für jeden Meßpunkt mit den folgenden 5 Versuchen sieht man, daß hier nur geringe Unterschiede bestehen. Möglicherweise kann man die Tendenz erkennen, daß der O_2 -Verbrauch im Laufe der Versuche im submaximalen Bereich etwas gesunken ist und bei größter Anstrengung etwas anstieg. In der Erholungsphase lassen sich keine Unterschiede erkennen. Insgesamt sind die Unterschiede gering und eine Aussage wird auch dadurch erschwert, daß das verwendete Meßverfahren auf höchstens 100 ccm genau ist. Ganz sicherlich bestehen jedoch zwischen den Placebo-Versuchen der beiden Gruppen einerseits und den Versuchen mit KMA keine Unterschiede.

Diskussion:

KANTHER (12) zeigte 1935 an Herzgesunden und Patienten mit Koronarsklerose und Hypertonie, daß unter KMA-Gaben bei O_2 -Mangelatmung ein rascherer Hypoxieausgleich an der ST-Strecke im Ekg, nach Angebot sauerstoffreicher Luft, nachzuweisen ist, also ohne KMA. Unterschiede in der respiratorischen O_2 -Aufnahme fand er nicht. GREEFF und KNIPPERS (9) diskutieren einen möglichen aktivierenden Einfluß von KMA auf den Krebs- und Harnstoffzyklus. NAKAHARA und Mitarbeiter (22) bewiesen bei Tierexperimenten, daß durch KMA-Applikation der ATP und PK-Spiegel im Muskel nach Erregung höher ist, als bei unbehandelten Muskeln nach derselben Arbeitsleistung. All diese Befunde legten die Vermutung nahe, daß sich eine direkte KMA-Wirkung beim arbeitenden Menschen an Hand des O_2 -Verbrauchs zeigen ließe. Auf Grund der hier vorliegenden Untersuchung kann dazu keine Aussage gemacht werden. Wahrscheinlich ist die mögliche Veränderung des O_2 -Verbrauches zu gering, als daß sich mit einem Spirographen des verwendeten Typs nachweisen ließe. Die durchgeführten Versuche lassen die Tendenz erkennen, daß im submaximalen Bereich der O_2 -Ver-

brauch sinkt und bei größter Anstrengung steigt , also damit eine bekannte Trainingswirkung vorliegt. Dasselbe kommt auch in der Darstellung des O_2 -Pulses, dem Quotienten aus Herzfrequenz und O_2 -Verbrauch zum Ausdruck, weshalb auf seine Wiedergabe verzichtet wird.

4. Die Leistung

Ergebnisse: Im Durchschnitt wurden von jedem Probanden eine Leistung von 10 000 mkg pro Versuch erreicht. Die Leistung stieg vom ersten bis zum letzten Versuch an. In der Gruppe I behielten nur 2 Versuchspersonen ihre Leistung vom ersten bis zum letzten Versuch konstant an. Die Anderen hatten einen mehr oder weniger großen Leistungszuwachs zu verzeichnen. In der Gruppe II hatte nur Proband 3 eine über alle Versuche hin konstante Leistung. Die anderen konnten ihre Leistung um 1 Minute in der nächst höheren Wattstufe steigern. Hinsichtlich der Ausgeglichenheit der beiden Gruppen ist zu sehen, daß in der Gruppe II sich ein recht einheitliches Bild bezüglich der Leistungsfähigkeit bietet. In Gruppe I ist die Leistungsfähigkeit etwas unterschiedlicher, was sich deutlich an der relativ großen Streuung der Einzelwerte aus der Tabelle ablesen läßt. Obwohl die Leistungszunahme weder für alle Probanden im Laufe der Versuche noch für den Einzelnen signifikant ist, so ist doch eine Trainingswirkung unverkennbar. Eine Abhängigkeit der Leistungssteigerung vom verabreichten KMA läßt sich nicht ablesen.

Diskussion:

Die Erwartungen mit KMA eine deutliche Leistungszunahme zu erreichen haben sich nicht erfüllt. Die Befunde von NAKAHARA (22), der am Kaninchen-Gastrocnemius nahezu eine Verdoppelung

der Kontraktionsamplitude erzielen konnte, ließen sich in der von uns gewählten Versuchsanordnung nicht nachvollziehen. Möglicherweise liegt dies an der Applikationsart und der Menge der verabreichten KMA. Gleichzeitig mit diesen Versuchen wurde eine Untersuchung an Trainierten durchgeführt, die die doppelte Menge von KMA, also ca. 6,4 g/die verabreicht bekamen. Auf Grund unserer Versuche könnte diskutiert werden, daß der von NAKAHARA (22) nach Erregung erhöhte Spiegel an ATP gegenüber unbehandelten Muskeln nicht auf einer vermehrten Produktion von ATP, sondern allein auf einer Einsparung von ATP und der damit verbundenen Einsparung von Glykogen beruht. Es stünde also nicht mehr Kraft zur Verfügung, sondern es wurde nur das Stehvermögen vergrößert. Gut in diese Vorstellung passen die Versuchsergebnisse von AHLBORG und Mitarbeiter (1), die eine Verlängerung der Ausdauer an 6 jungen Männern um 50 % fanden. Eine Möglichkeit, die bei *vita maxima*-Belastungen abgeschnitten ist, da nach jeder geleisteten Minute die Belastung erhöht wird und damit sehr rasch eine Erschöpfung eintritt.

C. Abschließende Bemerkungen und Diskussion

In Anlehnung an die Ergebnisse von AHLBORG (1), der bei Ausdauerleistung über eine erhebliche Zunahme des Stehvermögens unter KMA-Applikation berichtet, wurde in der hier vorliegenden Arbeit untersucht, ob sich mit KMA bei gesunden Normalpersonen auch bei "*vita maxima*" eine Leistungssteigerung in einer Reihe von Versuchen am Fahrradergometer erzielen läßt, und ob dabei Veränderungen gängiger Herz- und Kreislaufgrößen nachgewiesen werden können. Es zeigte sich, daß, außer einer nicht signifikanten Senkung des systolischen Blutdruckanstieges, die von anderen Autoren gemachten Beobachtungen über eine KMA-Wirkung nicht bestätigt werden können. Dafür dürften verschiedene Gründe maßgebend sein:

1. handelte es sich meist um Tierversuche, bei welchen die Tiere narkotisiert waren, falls es überhaupt Versuche "in situ" waren, das heißt also um Tiere, die dadurch bereits eine verminderte Herzleistung erfahren hatten, die durch KMA-Applikation dann entsprechend gemildert oder ganz kompensiert wurde. Ebenso beschäftigen sich die vielen Arbeiten aus dem klinischen Bereich, die über unbestreitbare beste Erfolge mit KMA berichten, mit Menschen, deren Herz- und Kreislaufsystem in keiner Weise mehr dem eines normalen und gesunden Menschen gleichzusetzen ist. Bei den Untersuchungen dieser Arbeit handelte es sich jedoch um gesunde Menschen, deren Herzmuskel bei maximaler Anstrengung sicher an Sauerstoff und Substraten verarmt ist, aber noch keineswegs eine Schwelle erreicht hat, bei der z.B. eine ST-Senkung im Ekg nachzuweisen war. Es soll damit gesagt werden, daß die Senkung des Elektrolytgradienten, die Erschöpfung der energiereichen Phosphate, der Aufbrauch des Glykogens, die Erhöhung des Milchsäure-Spiegels, die Auslastung der Enzym- und Membran-Transport-Systeme nach im Mittel 12 Minuten erschöpfender Fahrradergometerarbeit noch nicht ein Ausmaß erreicht hat, das den Nachweis einer direkten KMA-Wirkung erwarten ließe.
2. mag die orale Verabreichung von KMA einer der Gründe sein. Diese Applikationsart ist doch bekannten erheblichen Fehlermöglichkeiten behaftet. Abgesehen davon, daß der eine oder andere Proband das Medikament nicht oder nur teilweise eingenommen haben kann. Dies dürfte bei dieser Untersuchung nicht der Fall gewesen sein, da einerseits die Probanden auf ihre diesbezügliche Zuverlässigkeit ausgesucht wurden, und zum anderen ihnen gesagt wurde, es handle sich um ein Vitaminpräparat, deren Güte und Vorzüge heute überall ange-

priesen und allgemein gerne eingenommen werden. Eine genaue und permanente Überwachung der Versuchspersonen wäre der Genauigkeit einer solchen Untersuchung sehr zuträglich. Aber das hieße den Aufwand bei der Zahl der Probanden zu einem nicht mehr vertretbaren Maß treiben. Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen sind bereits aufwendig genug. Ein weiterer Grund ist darin zu suchen, daß heute für eine derartige Untersuchung die Resorptionsgeschwindigkeit von KMA, die Verteilung im Organismus und seine Verweildauer im Gewebe noch nicht ausreichend bekannt sind.

LABORIT und NAKAHARA (16,22) haben in Tierversuchen, THIEBAULT und AHLBORG (4, 1) bei Menschen eine Hinausschiebung des Erschöpfungszustandes und eine Leistungssteigerung durch KMA berichtet. Bei den Untersuchungen dieser Arbeit konnte kein Proband seine Leistung auf KMA hin steigern. Die Erklärung dürfte darin liegen, daß, ob bei den Rattenschwimmversuchen von LABORIT (16) oder ob bei den Versuchen AHLBORG (1), es sich um konstante Dauerbelastungen gehandelt hat. Im Gegensatz dazu stehen diese Untersuchungen, bei welchen unter "vita maxima" die Belastung ständig steigt und das noch in kurzer Zeit. Es steht neben der peripheren Muskelermüdung auch das cardio-pulmonale System als wichtiger leistungsbegrenzender Faktor im Vordergrund. Der Unterschied zwischen einer konstanten Belastung und einer nach Ablauf 1 Minute jedesmal erhöhten Belastung ist sehr erheblich. Im Lauf der Untersuchungen hat es sich auch gezeigt, daß bei näher ruckender Erschöpfung des Probanden die Erhöhung des Arbeitswiderstandes um weitere 25 Watt eine derartige Steigerung der Anstrengung bedurfte, daß die neue Wattstufe einfach nicht mehr angetreten wurde, obwohl der Proband, wäre der Widerstand gleichgeblieben, sicher noch eine oder zwei Minuten länger die vorgegebene Leistung erbracht hätte. Das heißt, eine mögliche Leistungssteigerung von 20 bis 25 % kann mit "vita maxima"-Belastungen bei der hier gewählten

Stufe von 25 Watt nicht nachgewiesen werden. Diese Stufe ist einfach zu hoch. So zeigte sich auch, daß die Untersuchungsergebnisse einer trainierten Gruppe bei gleichem Versuchsablauf bezüglich der Leistung nur um 1 bis 1 1/2 Stufen höher lagen, als bei den beiden hier untersuchten untrainierten Gruppen.

Zu Beginn dieser Untersuchungen wurde auch die Frage gestellt, ob es für einen Sportler einen Sinn hat z.B. vor einem Wettkampf sich KMA verabreichen zu lassen. Auf Grund dieser und der hier angeführten Arbeiten kann die Frage etwa so beantwortet werden: nachdem keine nennenswerten Einflüsse des KMA auf Herz und Kreislauf eines gesunden Menschen zu beobachten waren und zum anderen eine deutliche Leistungs- und Kraftsteigerung nicht zu verzeichnen war, wird sich eine Einnahme von KMA bei kurzdauernden, Schnelligkeit und Schnellkraft erfordernden Übungen erübrigen. Anders ist es bei Ausdauerbelastungen: hier scheint eine Applikation von KMA bezüglich einer Verbesserung der Leistung von Bedeutung zu sein. Andererseits kann es ein sinnvolles Training sicherlich nicht ersetzen.

Einen Aufschluß und eine genaue Erklärung der Wirkungsweise von KMA können nur weitere biochemische Untersuchungen in der Art der Arbeit von NAKAHARA (22) bringen.

Literaturverzeichnis

1. AHLBORG, B., L.G. EKEL and C.G. NILSON:
Effect of Potassium-Magnesium-Aspartate on the capacity
for prolonged exercise in man.
Acta physiol.scand. 74 (1968) 238.
2. BAJUSZ, E.: Elektrolyt-Verschiebungsmechanismus im Herzmuskel
und seine Bedeutung für die Pathogenese und Prophylaxe nekro-
sierender Cardiopathien.
Arzneimittel-Forschg. 14 (1964) 1115.
3. BECKER, H.: Über den Wirkungsanteil der Einzelelektrolyte
am Gesamteffekt der inotropen Wirkung von Kalium-Magnesium-
Asparaginat. Dissertation. Pharmakolog.Institut Köln 1966.
4. COIRAULT, R. und E. THIEBAULT:
Contraction musculaire et controle medicosportif. Essai
d'interpretation du mecanisme de l'entrainement et de la
fatigue.
Presse med. 78 (1958) 1794.
5. DULCE, H.J. und J.S. BRAUN:
Der Einfluß von Chloiden und Aspartaten auf den Natrium-
und Kaliumgehalt der Organe nephrektomierter Ratten.
Arzneimittel-Forschg. 18 (1968) 1328.
6. FLECKENSTEIN, A.: Die Bedeutung der energiereichen Phosphate
für die Kontraktilität und Tonus des Myokards.
Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med. 70, Kongr. 82 (1964).
7. GAVRILESCU, S., L. GABRIEL und Th.PORSCHÉ:
Über die Wirkung von Kalium- und Magnesium-Aspartat auf den
Zellstoffwechsel ischämischer Extremitäten.
Therapiewoche 17, 27 (1967) 913.

8. GREEFF, K.: Neue pharmakologische Erkenntnisse über den Wirkungsmechanismus der Digitalisglykoside.
Therapiewoche 18, 14 (1968) 581.
9. GREEFF, K. und R. KNIPPERS: Tierexperimentelle Untersuchungen mit Kalium-Magnesium-Asparaginat.
Arzneimittel-Forsch. 14 (1964) 1128.
10. HETTINGER, Th.: Isometrisches Muskeltraining. (Thieme) Stuttgart 1966.
11. HOCHREIN, H., H.J. KUSCHKE, Q. ZAPPA und E. FAHL:
Das Verhalten der intrazellulären Magnesiumkonzentration im Myokard bei Insuffizienz, Hypoxie und Kammerflimmern.
Klin.Wschr. 45 (1967) 1093.
12. KANTHER, R.: Hypoxie-Ausgleich durch Kalium-Magnesium-Asparaginat im menschlichen Myokard, Electrolytes and cardiovascular disease, ed. by E. BAJUSZ pp. 324 (Karger) Basel-New York (1965) printed in Switzerland.
13. KÖHLER, J.A.: The importance of recent biochemical-electrophysiological discoveries potassium ion and myocardium "extra situ" for clinical electro-cardiography.
Electrolytes and cardiovascular diseases, ed. by E. BAJUSZ, 2 (Karger) 1966 Basel-New-York, 61.
14. KÖHLER, J.A. und E. LANG:
Moderne Herztherapie unter besonderer Berücksichtigung des Myokardstoffwechsels.
Therapiewoche 16 (1966) 1251.
15. KRÜGER, K. und K. FELDER:
Aktuelle Aspekte und neuere Behandlungsmöglichkeiten der koronaren Herzkrankheit.
Med. Welt 17 (1966) 1541.

16. LABORIT, H., B. WEBER, J.M. JONANY and P. NIAUSSAT:
Metabolisme de l'ammoniac et ses perturbations: Importance
therapeutique des sels de l'acide aspartique:
Presse med. 68 (1958) 2125.

17. LABORIT, H., R. MOYNIER, R. COIRAULT, B. WEBER, J.M. JOUNANY
et G. GUIOT:
La place de certains sels de l'acide DL aspartique dans les
mechanismes de conservation de l'activite reactionnelle a
l'environnement. Presse med. 57 (1958) 1307.

18. LORDICK, H.: Kalium-Magnesium-Aspartat in der Herztherapie.
Med. Welt 19 (1963) 1790.

19. MELLEROWICZ, O.: Ergometrie
(Urban & Schwarzenberg) 1960 München-Berlin.

20. MAYERHOF, O.: Die chemischen Vorgänge im Muskel.
(Pflügers Arch., ges. Physiol.) 191 (1921) 128.

21. MIES, R.: Tierexperimentelle und klinische Untersuchungen
über die Herz- und Kreislauf-Pharmakologie des Kalium-Magne-
sium-Asparaginats.
Dissertation Pharmakolog. Institut Köln (1966).

22. NAKAHARA, M., S. YAMADA, T. SAKAHASHI, Y. NAKANISHI, T. TOKITA
und T. YOSHIHARA: Die Effekte von Kalium-Magnesium-Asparaginat
auf die Erschöpfung der Skelettmuskulatur und ihr Mechanismus.
Arzneimittel-Forschg. 14 (1964) 1191.

23. NIEPER, A. und K.J. BLUMBERGER:
Wirksamkeit von Elektrolytschlepperverbindungen auf den
Herzmuskelstoffwechsel, gezeigt am Magnesium-Kalium-As-
paraginat.
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl. forschg. 27 (1961) 233.

24. RINETTI, M., O. VISIOLI, L. TRINCAS und F. BARBARESI:
Variazioni degli amino acidi liberi del cuore di ratto
dopo intenso sforzo muscolare. *Mallattie Cardiovasc.* 6
(1965) 1.
25. REICHERTZ, P.L., G. NOELL und A. HEMMATI:
Zur Behandlung von Störungen des Herzmuskelstoffwechsels
mit Kalium-Magnesium-Aspartat.
Med. Welt 18 (1967) 2235.
26. REINDELL, H.: Herz, Kreislaufferkrankungen und Sport.
Wissenschaftliche Schriftenreihe d. Dtsch.Sportbundes
3 (1960).
27. SZELENYI, J., E. NEMESANSKY, J. FERENCZI und J. RIGO:
Die Wirkung von Salzen der Asparaginsäure auf die Gefäß-
wand unter in vitro und in vivo-Bedingungen.
Arzneimittel-Forschg. 17 (1967) 502.
28. SOS, J., J. RIGO und T. GATI:
Die Wirkung von Asparaginat-Salzen auf die experimentelle
Hypertonie, die myokardiale Veränderung und den Serum-Elek-
trolyt-Gehalt von Ratten.
Arzneimittel-Forschg. 14 (1964) 1134.
29. TAPIN, M.: Activite pharmacodynamique de l'acide aspartique
sur le coeur isole. Interet en clinique humaine dans le
traitement l'infarctur du myocard. Bar-Le-Duc, Imprimerie
du Borrois (1962).

Lebenslauf

Am 11.7.1944 wurde ich als drittes Kind der Eheleute Dr. med. Hans-Joachim Tonak, prakt. Arzt und Dr. med. Hertha Tonak, geb. Rachinger, prakt. Ärztin in Forchheim/Ofr. geboren. Nach vier Jahren Volksschule besuchte ich ab 1954 das Neue Gymnasium in Nürnberg, an welchem ich im Juli 1963 mein Abitur ablegte. Vom Herbst 1963 ab diente ich zwei Jahre bei der Bundeswehr in München. Mein Medizinstudium begann ich im Winter-Semester 1965/66 in Erlangen. Im Winter-Semester 1968/69 studierte ich ein Semester in Hamburg. Die medizinische Prüfung legte ich im Sommer 1971 in Erlangen ab.



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5